

# 競争市場構造分析のための諸手法

勝 又 壮 太 郎  
西 本 章 宏

## Abstract

This study proposes three quantitative competitive market structure analysis models to examine competitors and brands' relative positions. The first model estimates the membership probability for the consideration set of consumers. The second model estimates the simultaneous effect of the competitive context defined as the reciprocal effect of brands within the consideration set. The third model estimates the factors affecting the sequential effect of competitive context defined as the difference between the brand preference stimulated by other brands and unstimulated preferences.

**Keywords:** Competitive Market Structure Analysis, Competitive Context, Markov Chain Monte Carlo Methods.

## 1. はじめに

自社製品・サービスは、いつ、どこで、だれと競争しているのだろうか。企業を取り巻く競争と、自社と競争相手によって構成される「市場」を把握することは、戦略を構築する上で重要な環境分析の1つである。これまでも、競争戦略論の分野では、製品 - 市場マトリックス (Ansoff, 1965) や プロダクト・ポートフォリオ・マネジメント, 競争要因分析 (Porter, 1980) など、市場を把握するための多様な分析枠組みが提示されてきた。これらの

分析のためには、市場と競争相手をどの観点から規定するかが大きな課題となる。一般には、市場と競争相手は「業界」や「企業側の認識」をもとに規定されることが多いが、これに対して、消費者の購買意思決定過程において形成される選択代替案に注目した市場のとらえ方もある。Howard and Sheth (1969)による消費者の反応モデルの中に言及されているような、入手可能なすべての代替案の部分集合である想起集合 (evoked set) をはじめとして、消費者が規定する市場の境界と競争相手も、1つの重要な情報となるのである。とくに、たとえば Levitt (1960)によって挙げられている事例のように、複数の業界にまたがる競争が展開する可能性のある場合、後者の、消費者の認識である代替案の部分集合から規定する市場の方が経営上有効となる。

こうした代替案の部分集合として、考慮集合 (consideration set) という概念がある。考慮集合とは、マーケティング・サイエンスを中心に研究が発展してきた概念であり、入手可能なすべての代替案の部分集合であり、消費者が検討・評価する代替案で構成される集合である。本稿では、自社製品・サービスの競争環境を把握する1つの視点として、考慮集合に注目し、これに関連する分析手法を紹介する。本稿で扱うモデルは以下の3つである。第1は、因子分析モデルを拡張して、ブランドごとに考慮集合への所属確率を推定するモデルである。ここでは、因子得点に階層構造を仮定し、個人のデモグラフィック変数等を組み込むことができるような拡張を施している。第2は、こうした情報を活用しながら、考慮集合に含まれているブランド間の「同時的」な競争コンテキスト効果を推定するモデルである。消費者のブランド選好を目的変数にとり、説明変数にその消費者が形成する考慮集合の情報を組み込むことで、考慮集合に入っている他ブランドの存在が選好に及ぼす影響を推定するモデルを提案している。第3は、事前に与えられる別ブランドによる刺激の影響を説明する構造を検討するモデルである。第2のモデルは同時に考慮集合に入っているという競争状態を想定しているが、第3の

モデルでは、競争の時間的前後関係を仮定した「逐次的」な競争コンテキスト効果を分析対象としており、他ブランドによる事前刺激が与える影響を考察することができる。

本研究で扱うモデルは、全てマルコフ連鎖モンテカルロ (Markov Chain Monte-Carlo; MCMC) 法によって推定を行っている。MCMC 法についての詳細は、Gamerman (1998)、Chen *et al.* (2000)、Gelman *et al.* (2004)、Rossi *et al.* (2005)、照井 (2008) などの文献を参照されたい。また、MCMC 法によって推定するモデルの比較を行う指標についても、上記 3 モデルの解説の後に補足して説明する。

## 2. 考慮集合

考慮集合という概念は、Howard (1963) によって想起集合 (evoked set) という名称で提唱され、Narayana and Markin (1975) や Wright and Barbour (1977)、Bettman (1979)、Brisoux and Laroche (1980) 等によって発展してきた概念であり、今日に至るまで多数の先行研究が存在する。

考慮集合とは、消費者の購買意思決定に至るまでに考慮された代替案の集合のことである。考慮集合に関する先行研究は多岐にわたるが、考慮集合のサイズと形成メカニズムに注目したものが多い。考慮集合のサイズに関する研究とは、考慮集合を形成する代替案数とその規定要因に注目したものが中心となる。とくに考慮集合の初期の先行研究では、多様な製品カテゴリーにおける考慮集合のサイズがパネル・データを用いて分析され、平均的な考慮集合のサイズは 2 ~ 5 ブランド程度であることが明らかにされている (Hauser and Wernerfelt 1990)。その後も多数の研究が積み重ねられ、考慮集合のサイズは、消費者の当該製品カテゴリーに対する精通性 (familiarity) や関与水準 (involvement) によって異なることが指摘されている (Backer *et al.* 1984; Belonax and Javalgi 1989; Brisoux and Cheron 1990; Johnson

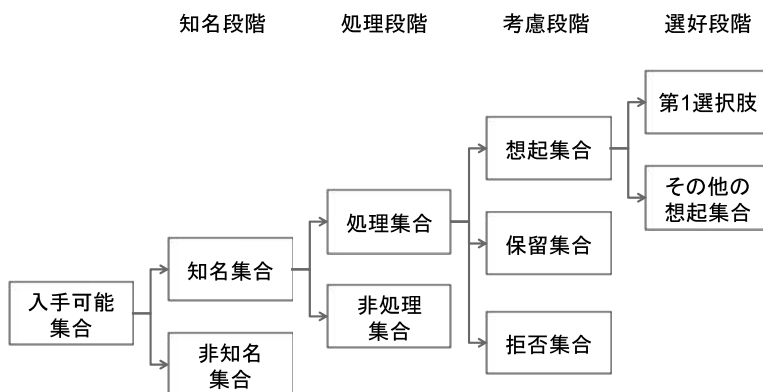
and Lehmann 1997)。

考慮集合のサイズに注目した研究が積み重ねられていく中で、次第に考慮集合を形成する要因が検討されていくようになる。その中でも注目される研究成果が、消費者の目的が考慮集合の形成に影響を及ぼすことを明らかにしたものである(新倉 1998; Ratneshwar and Shocker 1991; Ratneshwar *et al.* 1996; Shocker *et al.* 1991)。これらの先行研究では、考慮集合が特定の製品カテゴリー内のブランドだけで形成されないことに注目し、当該製品カテゴリー内で消費者の目的を満足させる代替案の集合を構成することができなければ、複数の製品カテゴリーから横断的に代替案が選定され、考慮集合が形成されることを明らかにしている。たとえば、「リフレッシュしたい」という消費者の目的が設定されれば、ガムやチョコレート、炭酸飲料やビールなどの製品カテゴリーから横断的に代替案が選定される可能性があるということである。このように、消費者の目的が考慮集合を形成する大きな要因となることが指摘されて以降、さまざまな消費者の目的と考慮集合の関連性が明らかにされている(Chakravarti and Janiszewski 2003; Paulssen *et al.* 2005)。

そして、もう1つ注目すべき研究が考慮集合の形成メカニズムである。ここでは、考慮集合がどのようなプロセスで形成されていくのかに注目している。その代表的研究は、Brisoux and Laroche (1980)で提示されたブランド・カテゴライゼーション (brand categorization) であろう(図1)。ブランド・カテゴライゼーションでは、当該ブランドが考慮集合を構成する代替案となるためには、知名ブランド (awareness set) であり、処理ブランド (processed brand) であり、かつ想起ブランド (evoked set) でなければならないことを指摘している。つまり、考慮段階における代替案の集合 (考慮集合) のサイズに注目が集まっていた当時、Brisoux and Laroche (1980)では、考慮集合を構成する代替案となるためには、ブランドに対する段階的な消費者の情報処理 (選択) があることを示したのである。

Brisoux and Laroche (1980)のブランド・カテゴライゼーションに対して、

図1 ブランド・カテゴライゼーション

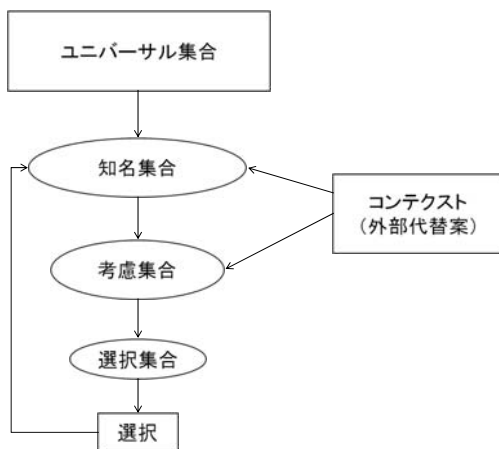


(出典) Brisoux and Laroche (1980)

より厳密に考慮集合の形成メカニズムについて検討したものが, Shocker *et al.* (1991)である。図1に示すように, Brisoux and Laroche (1980)では, ブランド・カテゴライゼーションの考慮段階 (consideration stage) における代替案の集合を Howard (1963)で言及している想起集合を考慮集合として解釈している。つまり, 消費者の目的志向的な記憶のみに基づく考慮段階の代替案の集合を考慮集合として解釈しているのである。このことは, 想起集合と考慮集合を同義に解釈する契機となってしまう, 選択機会に直面した消費者が形成する選択集合は, 想起集合として解釈されてしまうようになったのである。

一方で, 図2に示すように, Shocker *et al.* (1991)では, 選択集合と考慮集合を区別している。加えて, 考慮集合は消費者の目的志向的な記憶のみに依拠した代替案の集合ではなく, 消費者が選択機会に直面したことで再認識されるブランドや新規に考慮されるブランド (external alternatives) も考慮集合を形成する代替案になりうる可能性を指摘している。このように, 選択集合としての最終的な考慮集合は, 消費者の目的志向的な記憶に基づく想起

図2 ブランド・カテゴライゼーション

(出典) Shocker *et al.* (1991)

集合と、直面した選択機会における消費者の目的と合致した刺激に基づく対面集合が統合されたものとして解釈するほうがより現実的であろう (Shapiro 1999; Shapiro *et al.* 1997)。

ここで、考慮集合と関連が深い競争市場構造分析についても整理しておく。競争市場構造分析もまた、マーケティング・サイエンスを中心に発展してきた競争環境を把握するための分野である。考慮集合と関連が深い競争市場構造分析には、競争空間に基づく競争市場構造分析モデルがある。競争空間に基づく競争市場構造分析モデルは、ユークリッド空間的なものと非ユークリッド空間 (超空間) 的なものに大別される (井上 1996b)。前者は、主成分分析や因子分析、判別分析といった属性アプローチと、多次元尺度構成法とといった類似度アプローチによる製品マップがある。後者には、クラスター分析に基づく階層的クラスタリングがある。そして、井上 (1996b) によると、Chintagunta (1992), Chintagunta (1994), Cooper (1988), Cooper and Inoue (1996), DeSarbo and Manrai (1992), DeSarbo and Rao (1986), Elrod

(1988), Elrod and Keane (1995), Fraser and Bradford (1983), Harshman *et al.* (1982), Hauser and Shugan (1983), 井上 (1996a), Kannan and Wright (1991), Katahira (1990), 中西 (1990), Novak (1993), 小川 (1990), Ramaswamy and DeSarbo (1990), Rao and Sabavala (1981), Shugan (1987)などが、競争空間に基づく競争市場構造分析モデルに注目した先行研究として挙げられている。これら競争市場構造分析モデルでは、確率的に代替案が考慮集合を形成することを明らかにするだけでなく、それらを視覚的に把握することができる( DeSarbo and Hoffman 1987; DeSarbo *et al.* 1996 )。

### 3．考慮集合に基づく競争市場構造の推定

#### 3.1 モデルの定義

第1に挙げるモデルは、考慮集合の情報から競争市場構造を推定することを目的としている。具体的な手法としては、階層因子分析を用いている。因子分析は、多変量解析手法の1つであり、多数のブランドに関する選好などの情報を分析する手法である。因子分析を用いることで、次元を縮約し競争市場構造を可視化することができるため、ブランドの競合状態を布置するプロダクト・マップや、これに消費者の選好を布置したジョイント・スペース・マップを描画するための手法として、競争市場構造分析において非常によく用いられている。また、因子分析モデルは、多変量回帰モデルの特殊モデルでもあるため、拡張可能性も非常に高い。

本節では、考慮集合に関するデータが存在するときに、その考慮集合の情報からブランドの競争状態の程度を把握することを目的として、因子分析を行う。本節で紹介する因子分析モデルは、分析対象を考慮して以下の2点について拡張を行っている。1つは、離散型の目的変数を扱っているという点である。ブランドが考慮集合に含まれているか否かは2値の変数として観測されるため、目的変数に $\{0, 1\}$ の値をとる2値変数を仮定し、2項プロビッ

トモデルによって推定を行っている。もう1つは、因子得点の事前分布に階層を仮定しているという点である。事前構造に消費者のデモグラフィックや当該市場に関する知識レベルを組み込むことで、因子の各次元についてより豊かな解釈ができるようになる。

### 3.1.1 離散目的変数の導入

まずは、ブランド  $j(j=1, \dots, J)$  が消費者  $i(i=1, \dots, N)$  の考慮集合  $C_i$  を構成する代替案となる確率について、変数  $z_{ij}$  を以下のように定義する。

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } j \in C_i \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (1)$$

$z_{ij}$  は観測変数であり、 $\{0, 1\}$ の値をとる離散変数である。消費者  $i$  がブランド  $j$  を考慮集合に含む代替案の1つとして考慮しているとき、 $z_{ij} = 1$  となり、そうでなければ0となる。ここで、選択行動の背景に存在する潜在変数  $z_{ij}^*$  を考えていきたい (Albert and Chib 1993)。潜在変数  $z_{ij}^*$  と  $z_{ij}$  の関係は以下ようになる。

$$z_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{if } z_{ij}^* > 0 \\ 0 & \text{if } z_{ij}^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

また、この潜在変数を規定するために、以下のような因子分析モデルを組み込んでいく。ここで、 $z_i^* = (z_{i1}^*, \dots, z_{iJ}^*)$  である。

$$z_i^* = \mu + f_i + \epsilon_i, \quad \epsilon_i \sim N(0, I_J) \quad (3)$$

ここで、 $\mu$  は因子負荷量となる  $J \times Q$  の行列パラメータ、 $f_i$  は因子得点となる  $Q \times 1$  のベクトルパラメータであり、 $Q$  次元の因子分析モデルとなる。

は切片項であり、目的変数が標準化されていれば不要であるが、このモデルでは目的変数が潜在変数であるため必要となってくる。また、通常の因子



分析モデルであれば、分散共分散行列は対角行列のパラメータになるが、このモデルでは潜在変数の識別条件を満たすために単位行列としている。この因子分析モデルによって、ブランド  $j$  が考慮集合に含まれる代替案となる確率は、因子負荷量と因子得点  $f_i$  から明らかにすることができる。

### 3.1.2 階層化

通常の因子分析モデルにおいては、 $f_i \sim N_Q(0, I_Q)$  という制約が必要になってくるが、本稿では、 $f_i$  を説明する構造を仮定するため、平均値については 0 でないことを許容する事前分布を仮定する。ここでは、以下のような線形結合の構造を仮定する。

$$f_i = w_i + \epsilon_i, \quad \epsilon_i \sim N_Q(0, I_Q) \quad (4)$$

$w_i$  は消費者  $i$  の性別や年齢に関する変数であり、この変数が消費者  $i$  の因子得点  $f_i$  を規定していくことになる。消費者  $i$  の因子得点  $f_i$  を説明するために仮定される説明変数には、例えば消費者のデモグラフィック（年齢・性別）や、消費者の当該カテゴリーに対する知識レベルなどが想定される。

## 3.2 尤度と事前分布

以上で定義したモデルは、次のような階層モデルとして表現できる。

$$\begin{aligned} z_{ij}^* &= \beta_j + f_i + \epsilon_{ij}, \quad \epsilon_{ij} \sim N(0, I_j) \\ f_i &= w_i + \epsilon_i, \quad \epsilon_i \sim N_Q(0, I_Q) \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、推定すべきパラメータは、切片項  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_J)$ 、因子負荷量  $\gamma_j$ 、因子得点  $f_i$ 、消費者特性パラメータ  $w_i = (w_{i1}, \dots, w_{iQ})$  であるが、これに加えて潜在変数  $z_{ij}^*$  も推定する必要がある。また、因子負荷量  $\gamma_j$  については、上述したが識別条件を満たすために制約をかける必要があり、これも分割して推定を行う。

モデルの尤度関数  $p(D)$  は、プロビットモデルであるため、以下のようになる。ここで、 $\phi(x)$  は標準正規分布の分布関数であり、 $(-\infty, \infty)$  の範囲で評価したものである。

$$p(D) = \prod_{i=1}^N \prod_{j=1}^J (\phi_j + \phi_j f_{ij})^{z_{ij}} (1 - (\phi_j + \phi_j f_{ij}))^{1 - z_{ij}} \quad (6)$$

事前分布については、 $\phi_j \sim N(a_0, s_0^2)$ ,  $j = 1, \dots, J$ ,  $\phi_q \sim N_K(d_0, \Sigma_0)$ ,  $q = 1, \dots, Q$ ,  $\phi_{jq} \sim N(g_0, v_0^2)$ ,  $j = 1, \dots, J$ ,  $q = 1, \dots, Q$  とする。

### 3.2.1 因子分析モデルの識別

MCMC 法による因子分析モデルの推定については、Geweke and Zhou (1996) によって、因子負荷量に制約をおいて識別性を保証する方法が提案されており、この方法は Lopes and West (2004) によっても利用されている。また、Ansari and Jedidi (2000) では、離散的な目的変数を仮定した因子分析モデルの推定を試みており、この分散項を相関係数行列とおく制約をかけて識別性を保証している。ただし、Ansari and Jedidi (2000) の方法では、分散項のサンプリングのために Metropolis-Hastings (M-H) 法を使う必要があり、計算負荷が高くなってしまふ。そのため、本稿では、因子負荷量の推定については、Geweke and Zhou (1996) の方法を用いていく。

Geweke and Zhou (1996) においては、回転の自由がある因子負荷量と因子得点を識別するために、因子負荷量に次のような制約をおいて推定を行っている。 $J \times Q$  の因子負荷量行列の上から  $Q$  行を束ねた  $Q \times Q$  の部分行列を、以下のような下三角行列とおく。

$$\begin{pmatrix} \phi_{11} & 0 & \dots & 0 \\ \phi_{21} & \phi_{22} & & \vdots \\ \vdots & & \ddots & 0 \\ \phi_{Q1} & \phi_{Q2} & \dots & \phi_{QQ} \end{pmatrix} \quad (7)$$

ここで、対角項( $\gamma_{11}, \dots, \gamma_{QQ}$ )が正の値となる制約をおくことで、識別されたパラメータをサンプリングすることができる。しかし、このような制約をおいた因子負荷量では考察が困難になってくる。そこで、事後サンプルに回転をかけることで推定結果を考察することができる。事後分布と推定方法、回転の方法については後述する。

### 3.2.2 因子次元の決定

因子分析で問題となってくることが、適切な因子次元の選択である。最も一般的に用いられている方法は、目的変数の相関係数行列の固有値から決定する方法である（Kaiser 基準：Guttman 1954; Kaiser 1960）。1 よりも大きな固有値となる因子数を適切な因子次元とする方法である。また、これ以外にも、堀 (2005)では並行分析などの方法も提案されている。

また、因子分析モデルの尤度を判断基準とすることもできる。とくに MCMC 法によって因子分析モデルを推定する場合、周辺尤度や DIC (Deviance Information Criterion) を判断基準とすることもできる。Lopes and West (2004)では、Green (1995)や Deraportas, Forster, and Ntzoufras (2002)によって提案された RJ (Reversible Jump) MCMC 法を因子分析モデルに応用して、パラメータ数も MCMC 法によるサンプリングに組み込んで推定している。

## 3.3 事後分布

### 3.3.1 潜在変数の事後分布

潜在変数  $z_{ij}^*$  については、以下の切断正規分布からサンプルを取得する。

$$z_{ij}^* | \cdot \sim \begin{cases} TN_{(0, \gamma_{jj})}(\gamma_{jj} f_i, 1) & \text{if } z_{ij} = 1 \\ TN_{(-\gamma_{jj}, 0)}(\gamma_{jj} f_i, 1) & \text{if } z_{ij} = 0 \end{cases} \quad (8)$$

切断正規分布からの効率的なサンプリング方法については、Geweke

(1991)を参照のこと。

### 3.3.2 因子切片項の事後分布

切片パラメータ  $\gamma_j$  は、次のような 1 変量の正規分布から事後分布のサンプルを取得することができる。

$$\gamma_j | \cdot \sim N(m_j, s_1^2) \quad (9)$$

ただし、 $s_1^2 = (s_0^{-2} + N)^{-1}$ 、 $m_j = s_1^2 \left( \sum_{i=1}^N (z_{ij}^* - \gamma_j f_i) + s_0^{-2} a_0 \right)$  である。

### 3.3.3 因子負荷量の事後分布

因子負荷量  $\beta_j$  は、行  $j$  ごとにサンプルを取得するが、はじめの  $Q$  行については、制約を考慮したサンプルを取得しなければならない。ここでは、1 から  $Q$  行目までと、 $Q$  行目から  $J$  行目までを分けて説明する。

まず、1 から  $Q$  行目までの第  $j$  行目のサンプル生成について説明する。

$\beta_j$  は制約をおいているため、第  $j+1$  要素から第  $Q$  要素は 0 である。また、第  $j$  要素は正の値のみをとる。これらの条件を加味すると、事後分布は、次のような制約つきの多変量正規分布となる。

$$\beta_{j,1:j} | \cdot \sim N_j(\mu, \Sigma) 1(\beta_{jj} > 0) \quad (10)$$

ここで、 $\Sigma = (V_{0j}^{-1} + E_j E_j)^{-1}$ 、 $\mu = (V_{0j}^{-1} + E_j Y_j)$  ただし、 $V_{0j} = v_0^2 I_j$ 、 $g_{0j} = g_0 1_j$  ( $1_j$  は  $j$  次元の 1 ベクトル)、 $E_j = F_{\cdot,1:j}$ 、 $Y_j = Z_{\cdot,1:j}^*$  である。この事後分布は、第 1 から第  $j-1$  要素である  $\beta_{j,1:(j-1)}$  と第  $j$  要素  $\beta_{jj}$  を分けてサンプルを取得することができる。以下、 $j^* = 1:(j-1)$  とおく。

$$\begin{aligned} \beta_{j,j^*} | \beta_{jj}, \cdot &\sim N_j(\mu^*, \Sigma^*) \\ \beta_{jj} | \beta_{j,j^*}, \cdot &\sim TN_{(0, \infty)}(\mu^+, \Sigma^+) \end{aligned} \quad (11)$$

ここで,  $\mu^* = \mu_{j^*} + \hat{\mu}_{j,j}^{-1}(\hat{\mu}_{jj} - \mu_j)$ ,  $\sigma^{*2} = \sigma_{j^*}^2 - \hat{\mu}_{j,j}^{-1}(\hat{\mu}_{jj} - \mu_j)$ ,  $\mu^\dagger = \mu_j + \hat{\mu}_{j,j^*}^{-1}(\hat{\mu}_{j^*} - \mu_{j^*})$ ,  $\sigma^{\dagger 2} = \sigma_j^2 - \hat{\mu}_{j,j^*}^{-1}(\hat{\mu}_{j^*} - \mu_{j^*})$ である。

また, 第  $Q+1$  から  $J$  行目までの第  $j$  行目のサンプル生成は, とくに制約をおいていないので, 事後分布は, 次のような多変量正規分布となる。

$$j|\cdot \sim N_j(\mu, \sigma) \quad (12)$$

ここで,  $\sigma = (V_{0j} + F F)^{-1}$ ,  $\mu = (V_{0j} g_{0j} + F Z^*)$ ,  $V_{0j} = v_0^2 I_j$ ,  $g_{0j} = g_0 1_j$ である。

### 3.3.4 因子得点の事後分布

因子得点は, 次のような  $Q$  次元の正規分布からサンプルを取得することができる。

$$f_i|\cdot \sim N_Q((I_Q + \sigma_i^{-1})^{-1}(w_i + \sigma_i^{-1} z_i^*), (I_Q + \sigma_i^{-1})^{-1}) \quad (13)$$

### 3.3.5 消費者特性パラメータの事後分布

因子得点  $F$  の第  $p$  列  $f_p = (f_{1p}, \dots, f_{Np})$  を説明するパラメータ  $\beta_p$  の事後分布は, 以下のような  $K$  次元の多変量正規分布からサンプルを取得することができる。ここで,  $W = (w_1, \dots, w_N)$  である。

$$\beta_p|\cdot \sim N_K((\sigma_0^{-1} + W W)^{-1}(\sigma_0^{-1} d_0 + W f_p), (\sigma_0^{-1} + W W)^{-1}) \quad (14)$$

## 3.4 パラメータの回転

上述したとおり, 因子モデルには回転の自由がある。回転をかけることで因子の解釈が明確になり, より実用的な示唆を得ることができる。ここでは, 本稿で定義したモデルのパラメータ回転の手続きについて説明する。

まず、回転行列を得る。 $h$  回目のイタレーション ( $h=1, \dots, H$ ) で得た因子負荷量を  $f_i^{(h)}$  とおき、この事後平均値を  $\bar{f}_i^{(h)}$  とおく。要素ごとに事後平均値を計算しているため、 $\bar{f}_{jq} = H^{-1} \sum_{h=1}^H f_{jq}^{(h)}$  である。次に、これを任意の基準で回転させる。回転基準には、バリマックス基準、プロマックス基準、コーティマックス基準などがある。ここで、得られた回転行列を  $R$  とおく。 $R$  は回転行列なので、 $RR' = I_Q$  である。

回転行列  $R$  は、因子得点と事前パラメータに影響するため、これらのパラメータのサンプルも回転させる。回転前の  $h$  個目のサンプルをそれぞれ  $f_j^{(h)}, f_i^{(h)}, \dots, f_{jq}^{(h)}$  とおき、回転後のサンプルを  $f_j^{R(h)}, f_i^{R(h)}, \dots, f_{jq}^{R(h)}$  とおいたとき、関係はそれぞれ以下になる。

$$\begin{aligned} f_j^{R(h)} &= R f_j^{(h)} \\ f_i^{R(h)} &= R f_i^{(h)} \\ f_{jq}^{R(h)} &= R f_{jq}^{(h)} \end{aligned} \quad (15)$$

これらの回転後サンプルから、事後平均値、事後標準偏差、HPDなどを計算することで、パラメータの考察を進めることができる。

#### 4. 同時的競争コンテキスト効果の推定

次に、「同時決定的」な消費者選択行動を想定した競争コンテキスト効果を推定するモデルを定義していく。たとえば、非計画購買の消費者購買意思決定過程を想定した場合、考慮集合の形成は、商品陳列棚に消費者が接触した際に購買が検討されるブランド群（対面集合）ということになる。つまり、「同時決定的」に考慮集合が形成された場合のブランド間の競争状態を明らかにすることが本節の焦点となる。

#### 4.1 モデルの定義

まず、消費者  $i$  のブランド  $j$  に対する選好を  $u_{ij}$  とする<sup>1</sup>。そして、考慮集合  $C_i$  を所与としたとき、ブランド  $j$  に対する選択確率は以下のように定義する<sup>2</sup>。

$$P_i(j \in C_i) = \begin{cases} \frac{\exp(u_{ij})}{\sum_{k \in C_i} \exp(u_{ik})} & \text{if } j \in C_i \\ 0 & \text{if } j \notin C_i \end{cases} \quad (16)$$

ここで、消費者  $i$  のブランド  $j$  に対する選好  $u_{ij}$  は、考慮集合  $C_i$  を構成する他の代替案となるブランドの潜在的影響（競争コンテキスト効果）を加味して、以下のように定義する。ただし、この選好は消費者  $i$  がブランド  $j$  を考慮集合に含めているときのみ定義される。以下、ブランド  $j$  を考慮集合に含めている消費者の集合を  $N_j$  とおく。

$$u_{ij} = x_{i,j} + \sum_{k \in C_i} \beta_{j|k} u_{ik}, \quad u_{ij} \sim N(0, \sigma_j^2) \text{ if } i \in N_j \quad (17)$$

このモデルでは、消費者  $i$  のブランド  $j$  に対する選好  $u_{ij}$  が、以下2つの要因によって規定されていると仮定している。

1 つは消費者特性からの影響を吸収する項  $x_{i,j}$  である。 $x_i$  は消費者  $i$  の製品カテゴリーに関する知識や、性別、年齢などに関する変数であり、 $\beta_j$  はそれに係るパラメータである。

もう1つは、競争コンテキスト効果  $\sum_{k \in C_i, k \neq j} \beta_{j|k} u_{ik}$  である。一般的な確率的選択モデルでは、消費者特性を中心として分析と考察が行われるが、本稿では、これに加えて考慮集合  $C_i$  に含まれる代替案となっているブランドの潜

1 本研究では、各ブランドに対する消費者選好を消費者調査によって測定しているが、POS データ等のスキャナー・パネル・データではブランドに対する消費者選好を観測することができないため、離散選択モデルの潜在変数とする。

2 本章で提示している選択確率はロジット型であるが、もちろんプロビット型の関数によって選択確率を定義することも可能である。

在的影響を仮定する。

また,  $_{j|k}$  は, ブランド  $k$  がブランド  $j$  の選好に与える競争コンテキスト効果を規定するパラメータである。ただし, ブランド  $k$  が消費者  $i$  の考慮集合  $C_i$  に含まれる代替案となっていなければ, ブランド  $j$  に対するブランド  $k$  の競争コンテキスト効果はない。つまり,  $_{j|k}$  は, 正の値として推定されれば, ブランド  $k$  が消費者  $i$  の考慮集合  $C_i$  に含まれる代替案であることで, ブランド  $j$  に対する選好に潜在的に好ましい影響を与えるということである。反対に, 負の値が推定されれば, ブランド  $k$  が消費者  $i$  の考慮集合  $C_i$  に含まれる代替案であることで, ブランド  $j$  に対する選好に潜在的に好ましくない影響を与えるということである。このような競争コンテキスト効果は非対称であることが想定され, たとえば  $_{j|k}$  は正の値として推定されたとしても,  $_{k|j}$  も正の値として推定されるとは限らない。

さらに, 競争コンテキスト効果  $_{j|k}$  の事前構造を, マーケティング競争に対するブランドそのものの特性を考慮して, 以下のように定義する。

$$_{j|k} = _j + _k + _{j|k}, \quad _{j|k} \sim N_L(0, \sigma^2) \quad (18)$$

$_j$  は, マーケティング競争に対するブランド  $j$  の「感受性」を示す。つまり, ブランド  $j$  とブランド  $k$  が消費者  $i$  の考慮集合  $C_i$  に含まれる代替案として考慮されたとき,  $_j$  が正の値と推定されれば, 考慮集合  $C_i$  に他ブランドが含まれていることで, 消費者  $i$  のブランド  $j$  に対する選好  $u_{ij}$  が高くなる。反対に,  $_j$  が負の値と推定されれば, 考慮集合  $C_i$  に他ブランドが含まれていることで, 消費者  $i$  のブランド  $j$  に対する選好  $u_{ij}$  が低くなる。このようなブランド  $j$  そのものへの示唆は, Cooper (1988) や Kamakura and Russell (1989) で提示されている脆弱性 (vulnerability) に相当する概念である。

$_k$  は, マーケティング競争に対するブランド  $k$  の「影響力」を示す。つまり, ブランド  $j$  とブランド  $k$  が消費者  $i$  の考慮集合  $C_i$  に含まれる代替案



として考慮されたとき、 $\beta_k$  が正の値と推定されれば、ブランド  $k$  が考慮集合に含まれることで、競合ブランド  $j$  に対する消費者  $i$  の選好  $u_{ij}$  が高くなるのである。反対に、 $\beta_k$  が負の値と推定されれば、ブランド  $k$  が考慮集合に含まれることで競合ブランド  $j$  に対する消費者  $i$  の選好  $u_{ij}$  が低くなるのである。このようなブランド  $k$  に対するブランド  $j$  への示唆は、Cooper (1988) や Kamakura and Russell (1989) で提示されている攻撃力 (clout) に相当する概念である<sup>3</sup>。

#### 4.2 事前分布

モデルは以下のような、選好データを目的変数にとる階層モデルとなる。ここで、 $N_j$  はブランド  $j$  を考慮集合に含めている消費者の集合であり、そのサイズを  $\#(N_j)$  と表す。

$$u_{ij} = x_i' \beta_j + \sum_{k=1}^J \beta_{jk} C_{ij}^k, \quad u_{ij} \sim N(0, \sigma_j^2) \text{ if } i \in N_j$$

$$\beta_{jk} = \beta_j + \beta_k + \beta_{jk}, \quad \beta_{jk} \sim N_L(0, \sigma_L^2)$$
(19)

ただし、識別条件を満たすために  $\beta_1 = 0$  とおいている。

ここで、ダミー変数  $W$  を導入して上記のモデルをベクトルでまとめる。 $W$  は  $N \times J$  の行列であり、その要素  $w_{ij}$  は、 $j \in C_i$  ならば 1 をとり、 $j \notin C_i$  ならば 0 をとる。

次に、得られた  $w_{ij}$  と、 $u_{ij}$ 、 $X_i$  をベクトルにまとめる。 $i \in N_j$  である消費者  $i$  について、各変数をベクトルにまとめ、 $W_j$  と、 $U_j$ 、 $X$  とおく。それぞれ、 $\#(N_j) \times J$  の行列、 $\#(N_j)$  次元のベクトル、 $\#(N_j) \times K$  次元の行列である。

---

3 これらの研究で提示されている vulnerability (脆弱性) / clout (攻撃力) は交差弾力性から算出される指標であり、好ましい影響を与え合う関係は想定されていない。本研究で提示する「感受性」および「影響力」は、マーケティング競争において他ブランドから受ける好ましい影響や、他ブランドに与える好ましい影響も想定している。

ここで,  $W_j$  の第  $j$  列を除いた行列を  $W_{j, -j}$  とおく。  $W_{j, -j}$  は  $\#(N_j) \times (J - 1)$  のダミー変数行列となる。また, 競争コンテキスト項のパラメータを  $\beta_{j, -j} = (a_{j|1}, \dots, a_{j|j-1}, a_{j|j+1}, \dots, a_{j|J})$  とまとめる。ここから, 第 1 層のモデルを以下のようなベクトル方程式で表現することができる。

$$U_j = X_j + W_{j, -j} \beta_{j, -j} + \epsilon_j, \epsilon_j \sim N_{\#(N_j)}(0, \sigma_j^2 I_{\#(N_j)}) \quad (20)$$

パラメータがまとめられ  $\beta_j, \sigma_j, \epsilon_j$  となる。これに加えて,  $\sigma_j^2, \beta_j, \epsilon_j, k, v^2$  が推定すべきパラメータとなる。それぞれ事前分布として,  $\beta_{j, -j} \sim N_{J-1}(a_0, A_0)$ ,  $\sigma_j \sim N_K(b_0, B_0)$ ,  $\sigma_j^2 \sim Ga(s_0/2, S_0/2)$ ,  $\epsilon_j \sim N(p_0, v_0^2)$ ,  $\epsilon_j \sim (q_0, v_0^2)$ ,  $v^2 \sim Ga(v_0/2, v_0/2)$  とおく。

### 4.3 事後分布

#### 4.3.1 選好を説明する構造の事後分布

まず, パラメータ  $\beta_{j, -j}$  のサンプルは, 以下の  $J - 1$  次元の多変量正規分布から得ることができる。

$$\beta_{j, -j} | \cdot \sim N_{J-1}(a_1, A_1) \quad (21)$$

ただし,  $A_1 = (\sigma_j^{-2} W_{j, -j} W_{j, -j} + A_0^{-1})^{-1}$ ,  $a_1 = A_1 (\sigma_j^{-1} W_{j, -j} F_j + A_0^{-1} a_0)$ ,  $F_j = U_j - X_j$  である。

同様に, パラメータ  $\sigma_j$  のサンプルは, 以下の  $K$  次元の多変量正規分布から得ることができる。

$$\sigma_j | \cdot \sim N_{J-1}(b_1, B_1) \quad (22)$$

ただし,  $B_1 = (\sigma_j^{-2} X_j X_j + B_0^{-1})^{-1}$ ,  $b_1 = B_1 (\sigma_j^{-1} X_j F_j + B_0^{-1} b_0)$ ,  $F_j = U_j - W_{j, -j} \beta_{j, -j}$  である。

分散項  $\sigma_j^2$  については, その逆数を以下のガンマ分布から得ることができる。

$$j^{-2} | \cdot \sim Ga(s_1/2, S_1/2) \quad (23)$$

ただし,  $s_1 = s_0 + \#(N_j)$ ,  $S_1 = (S_0^{-1} + F_j F_j)^{-1}$ ,  $F_j = U_j - X_j - W_{j, -j} - j, -j$  である。

#### 4.3.2 競争コンテキスト効果を説明する構造の事後分布

パラメータ  $j$  は, 次のような正規分布からサンプルを取得することができる。ただし,  $_1$  については 0 という制約をおいているので,  $j$  は  $j = 2, \dots, J$  についてサンプルを取得する。

$$j | \cdot \sim N(p_1, v^2_1) \quad (24)$$

ただし,  $v^2_1 = ((J-1)v^{-2} + v^{-2}_0)^{-1}$ ,  $p_1 = v^2_1(v^{-2} \sum_{k=1, k \neq j}^J (j|k - k) + v^{-2}_0)$  である。

パラメータ  $j$  は, 次のような正規分布からサンプルを取得することができる。

$$j | \cdot \sim N(q_1, v^2_1) \quad (25)$$

ただし,  $v^2_1 = ((J-1)v^{-2} + v^{-2}_0)^{-1}$ ,  $q_1 = v^2_1(v^{-2} \sum_{k=1, k \neq j}^J (k|j - k) + v^{-2}_0)$  である。

分散項  $v^2$  については, その逆数を以下のガンマ分布から得ることができる。

$$v^{-2} | \cdot \sim Ga(\_1/2, \_1/2) \quad (26)$$

ただし,  $\_1 = 0 + J(J-1)$ ,  $\_1 = (\_0^{-1} + \sum_{j=1}^J \sum_{k=1, k \neq j}^J (j|k - j - k))^{-1}$  である。

## 5．逐次的競争コンテキスト効果の推定

続いて、「逐次決定的」な消費者選択行動を想定した競争コンテキスト効果を推定するモデルを定義していく。たとえば、計画購買の消費者購買意思決定過程を想定した場合、考慮集合の形成は、店舗に向かう事前に想起されたブランド群から形成される想起集合と商品陳列棚に消費者が接触した際に購買が検討されるブランド群（対面集合）ということになる。つまり、「逐次決定的」に考慮集合が形成された場合のブランド間の競争状態は、非計画購買を想定した「同時決定的」な考慮集合の形成とは異なるため、異なる競争コンテキスト効果があることを明らかにすることが本節の焦点となる。

### 5.1 モデルの定義

#### 5.1.1 「刺激付き選好」と「刺激なし選好」

本節では、逐次的な競争コンテキスト効果を推定するためのモデルを提示するが、まずはその目的変数の要素の1つとなる「刺激付き選好」を定義したい。本節で注目していく競争コンテキスト効果は、「先立ってブランド $k$ が考慮されることで引き起こされるブランド $j$ に対する選好の変化」のことである。これを測定するために、「特定のブランド $k$ の購買機会において、それが入手不可能だったときに、別のブランド $j$ をどの程度購入したいと考えるか」という、強制遷移下での逐次決定的な状況を与えている。つまり、回答者に対して、一度ブランド $k$ の選択機会において、ブランド $k$ に対する選好を形成させた上で、ブランド $j$ に対する選好を形成させている。

加えて、ブランド $k$ に対するマーケティング競争を想定しない、ブランド $j$ への選好である「刺激なし選好」も測定する。そして、ここで測定された刺激付き選好と、刺激なし選好を比較することで、ブランド $k$ が考慮されることで引き起こされるブランド $j$ に対する選好の変化を競争コンテキスト効果として算出することができる。以降では、ブランド $k$ は「刺激ブランド」、

ブランド  $j$  を「対象ブランド」と呼ぶ。また、この刺激・対象ブランドの関係を、ブランド  $k$  を条件としたブランド  $j$  の測定という意味で  $(j|k)$  と表記する。表記としては（対象 | 刺激）となるので注意されたい。

消費者  $i$  について、ブランド  $j$  の「刺激なし選好」を  $y_{ij}$ 、「刺激付き選好」を  $y_{ij|k}$  とおくと、ブランド  $j$  が受けるブランド  $k$  からの競争コンテキスト効果  $y_{ij|k}$  は、この2つの消費者選好の差として、以下のように定義することができる。

$$y_{ij|k} = y_{ij|k} - y_{ij} \quad (27)$$

この競争コンテキスト効果  $y_{ij|k}$  が正の値を示すのであれば、ブランド  $k$  がもともと代替案として考慮されていることで、逐次的に考慮されたブランド  $j$  に対する選好が向上することを示し、ブランド  $j$  にとってブランド  $k$  は好ましい競争コンテキスト効果を与えるブランドとなる。反対に、 $y_{ij|k}$  が負の値を示すのであれば、ブランド  $j$  にとってブランド  $k$  は好ましくない競争コンテキスト効果を与えるブランドとなる。

たとえば、消費者のブランド  $j$  に対する刺激なし選好 ( $y_{ij}$ ) が4であったとき、それに先立ってブランド  $k$  が代替案として考慮されることで、消費者のブランド  $j$  に対する刺激付き選好 ( $y_{ij|k}$ ) が5になれば、競争コンテキスト効果 ( $y_{ij|k} = y_{ij|k} - y_{ij}$ ) は+1となり、ブランド  $k$  によってブランド  $j$  に対する選好が向上し、ブランド  $j$  にとってブランド  $k$  は好ましい競争コンテキスト効果であるということがいえる。反対に、ブランド  $j$  に先立って別のブランド  $l$  が代替案として考慮されることで、消費者のブランド  $j$  に対する刺激付き選好が2になれば、競争コンテキスト効果は-2となり、ブランド  $l$  によってブランド  $j$  に対する選好が低下し、ブランド  $j$  にとってブランド  $l$  は好ましくない競争コンテキスト効果であるということがいえる。

ただし、ブランド  $k$  とブランド  $j$  の関係 ( $j|k$ ) に潜む競争コンテキスト効果には、ブランド  $k$  からの影響だけでなく、ブランド  $j$  そのものの異質性や、

消費者  $i$  の異質性の影響も含まれている可能性があり、これら異質性についても本章では検討していきたい。次節では、これら異質性を包含した競争コンテキスト効果を明らかにするためのモデルの定式化を行っていく。

### 5.1.2 モデル

本節では、競争コンテキスト効果  $y_{ij|k}$  を説明する構造を考えていきたい。まずは、刺激・対象ブランド ( $j|k$ ) にある異質性  $_{j|k}$  を仮定する。 $_{j|k}$  が高い値を示すのであれば、ブランド  $j$  にとってブランド  $k$  は好ましい競争コンテキスト効果を与えるブランドとなる。また、ブランド ( $j|k$ ) の関係は非対称であると考えられるので、 $_{j|k}$   $_{k|j}$  を許容する構造とする。

次に、消費者  $i$  の異質性として  $_{i0}$ ,  $_{i1}$  を仮定する。 $_{i0}$  は、消費者ごとに異質な切片であり、 $_{i1}$  はブランド  $k$  に対する選好  $y_{ik}$  にかかるパラメータである。 $_{i0}$  が正の値を示すのであれば、ブランド  $j$  に対しておおむね選好が高いことがわかる。 $_{i1}$  が正の値を示すのであれば、ブランド  $k$  に対して選好が高いとき、ブランド  $j$  に対する選好も向上し、反対にブランド  $k$  に対して選好が低ければ、ブランド  $j$  に対する選好が低下してしまうことがわかる。これらを統合して、競争コンテキスト効果  $y_{ij|k}$  を説明するモデルを以下のように定義する。ただし、全ての消費者に対して全ての関係について競争コンテキスト効果を測定しているわけではないと仮定する。以降、関係 ( $j|k$ ) について競争コンテキスト効果を測定している消費者を  $N_{j|k}$  とおく。下の式は  $i \in N_{j|k}$  について定義される。

$$y_{ij|k} = _{j|k} + _{i0} + _{i1} y_{ik} + _{ijk}, \quad _{ijk} \sim N(0, \sigma^2), \quad i \in N_{j|k} \quad (28)$$

また、これら構造を説明する事前構造を仮定していきたい。まずは、ブランド ( $j|k$ ) にある異質性  $_{j|k}$  を説明する事前構造として、以下のように仮定する。

$$j|k = \beta_j + \beta_k + \beta_{jk}, \quad \beta_{jk} \sim N(0, v^2) \quad (29)$$

ここで、 $\beta_j$ は前節でも述べたように、マーケティング競争に対するブランド $j$ の「感受性」のことである。つまり、 $\beta_j$ が正の値と推定されれば、他のブランドが代替案として考慮されているところに、逐次的にブランド $j$ が代替案として考慮された場合、ブランド $j$ に対して刺激となる他ブランドが好ましい競争コンテキスト効果を与えることになり、ブランド $j$ は、マーケティング競争に対して好ましいブランドであることがわかる。反対に、 $\beta_j$ が負の値と推定されれば、ブランド $j$ に対して刺激となる他ブランドが好ましくない競争コンテキスト効果を与えることになり、ブランド $j$ は、マーケティング競争に対して脆弱であることがわかる。

また、 $\beta_k$ についても前節で先述したように、マーケティング競争に対するブランド $k$ の「影響力」のことである。つまり、 $\beta_k$ が正の値を示すのであれば、ブランド $k$ が代替案として考慮されているところに、逐次的に他ブランドが代替案として考慮された場合、ブランド $k$ は対象となる他ブランドに対して好ましい競争コンテキスト効果を与えることになり、ブランド $k$ は、マーケティング競争に対して好ましいブランドであることがわかる。反対に、 $\beta_k$ が負の値を示すのであれば、ブランド $k$ は対象となる他ブランドに対して好ましくない競争コンテキスト効果を与えることになり、ブランド $k$ は、マーケティング競争に対して攻撃的であることがわかる。

消費者 $i$ の異質性  $\mathbf{z}_i = (z_{i0}, z_{i1})$ については、消費者知識と消費者属性(性別・年齢など)を考慮した以下のような線形結合の事前構造を仮定する。ここで、 $w_i$ はデモグラフィック変数をはじめとした消費者特性の変数である。

$$\mathbf{z}_i = \mathbf{w}_i + \boldsymbol{\epsilon}_i, \quad \boldsymbol{\epsilon}_i \sim N_2(0, Q) \quad (30)$$

## 5.2 事前分布

モデルは、以下のような、競争コンテキスト効果を目的変数にとる階層モデルである。本文中でも述べたが、 $N_{j|k}$  は関係  $(j|k)$  について競争コンテキスト効果を測定した消費者の集合である。そのサイズを  $\#(N_{j|k})$  と表す。

$$\begin{aligned} y_{ij|k} &= \beta_{j|k} + \alpha_{i0} + \alpha_{i1} y_{ik} + \epsilon_{ijk}, \quad \epsilon_{ijk} \sim N(0, \sigma^2), \quad i \in N_{j|k} \\ \beta_{j|k} &= \beta_j + \beta_k + \epsilon_{jk}, \quad \epsilon_{jk} \sim N(0, \sigma^2) \\ \alpha_i &= w_i + \eta_i, \quad \eta_i \sim N(0, Q) \end{aligned} \quad (31)$$

それぞれ事前分布として、 $\beta_{j|k} \sim N(a_0, s_{a0}^2)$ ,  $(\alpha_{i0}, \alpha_{i1}) = \alpha_i \sim N_2(b_0, B_0)$ ,  $\sigma^2 \sim \text{Ga}(s_0/2, S_0/2)$ ,  $\beta_j \sim N(p_0, v^2_0)$ ,  $\beta_k \sim (q_0, v^2_0)$ ,  $v^2 \sim \text{Ga}(\nu_0/2, \nu_0/2)$ ,  $\eta_i \sim N_{2 \times L}(\eta_0, Q, R_0)$ ,  $Q \sim W(\nu_0, T_0)$  とおく。

## 5.3 事後分布

### 5.3.1 選好を説明する構造の事後分布

まず、パラメータ  $\beta_{j|k}$  のサンプルは、以下の正規分布から得ることができる。ただし、 $\sigma^2_{j|k} = 0$  である。

$$\beta_{j|k} | \cdot \sim N(a_1, s_{a1}^2) \quad (32)$$

ただし、 $s_{a1}^2 = (\#(N_{j|k})^{-2} + s_{a0}^2)^{-1}$ ,  $a_1 = s_{a1}^2 (\sum_{i \in N_{j|k}} e_{ij|k} + s_{a0}^{-2} a_0)$ ,  $e_{ij|k} = y_{ij|k} - (\beta_{j|k} + \alpha_{i0} + \alpha_{i1} y_{ik})$  である。

次に、パラメータ  $\alpha_i = (\alpha_{i0}, \alpha_{i1})$  のサンプルを取得する。以下の2変量正規分布から得ることができる。ここで、集合  $M_i$  は、消費者  $i$  について競争コンテキスト効果を測定したブランドの組み合わせ  $(j|k)$  の集合である。そのサイズは  $\#(M_i)$  である。ここで  $x_{ik} = (1, y_{ik})$  であり、 $\alpha_{i0} + \alpha_{i1} y_{ik} = x_{ik} \alpha_i$  である。

$$\alpha_i | \cdot \sim N(a_1, s_{a1}^2) \quad (33)$$



ただし,  $B_1 = (\sum_{j|k} M_i x_{ik} x_{ik} + B_0^{-1})^{-1}$ ,  $b_1 = B_1 (\sum_{j|k} M_i x_{ik} (y_{ij|k} - y_{j|k}) + B_0^{-1} b_0)$  である。

分散項  $\gamma_2$  については, その逆数を以下のガンマ分布から得ることができる。

$$\gamma_2^{-1} | \cdot \sim Ga(s_1/2, S_1/2) \quad (34)$$

ただし,  $s_1 = s_0 + \sum_{i=1}^N \#(M_i)$ ,  $S_1 = (S_0^{-1} + \sum_{i=1}^N \sum_{j|k} M_i e_{i,j|k})^{-1}$ ,  $e_{ij|k} = y_{ij|k} - (y_{j|k} + \gamma_0 + \gamma_1 y_{ik})$  である。

### 5.3.2 消費者特性項の事後分布

まず, パラメータ  $\gamma$  のサンプルは, 以下の  $2 \times L$  の行列正規分布から得ることができる。行列正規分布の性質と乱数の発生方法については, Rowe (2002), Dawid (1981) を参照のこと。

$$|\cdot \sim N_{2 \times L}(\gamma_1, Q, R_1) \quad (35)$$

ここで,  $R_1 = (W W^T + R_0)^{-1}$ ,  $\gamma_1 = R_1 (W B + R_0 \gamma_0)$ ,  $W = (w_1, \dots, w_N)$ ,  $B = (\gamma_1, \dots, \gamma_N)$  である。

また, パラメータ  $Q$  のサンプルは, その逆数を以下の  $2 \times 2$  のウィシャート分布から得ることができる。

$$Q^{-1} | \cdot \sim W(\gamma_1, T_1) \quad (36)$$

ここで,  $\gamma_1 = \gamma_1 + N + L$ ,  $T_1 = (T_0^{-1} + E E^T + F F^T)^{-1}$ ,  $E = (e_1, \dots, e_N)$ ,  $e_i = y_i - w_i$ ,  $F = (\gamma_1 - \gamma_0)$  である。

競争コンテキスト効果の事前分布のパラメータ  $\gamma_j$ ,  $\gamma_j, v^2$  の事後分布については, 4.3.2 節と同様なので, そちらを参照されたい。

## 6. モデル比較指標

本節では、これまで説明したモデルの比較を行う指標について説明する。本節では、とくにベイズ推定で用いられる周辺尤度とそこから算出されるベイズファクター、DIC (Deviance Information Criterion) について説明する。

### 6.1 周辺尤度

周辺尤度は、与えられたモデルでデータを説明することができる程度として、以下のような確率密度関数で定義することができる。データを  $D$ 、モデルを  $M$  とおくと、次のように表すことができる。

$$(D|M) \quad (37)$$

パラメータと関係を見ると、尤度関数と事前分布の積から、パラメータについて周辺化することで得ることができる。

$$(D|M) = \int (D|\theta, M) (\theta|M) d\theta \quad (38)$$

実際に周辺尤度を得る方法はいくつか提案されているが、最もよく利用されているのは Newton and Raftery (1994) の方法である。この方法では、尤度関数の MCMC サンプルの調和平均を得ることができる。 $(^{(h)})$  は  $h$  回目の MCMC シミュレーションで得たパラメータのサンプルである。

$$\hat{^}(D|M) = \left[ H^{-1} \sum_{h=1}^H \{ (D|^{(h)}, M) \}^{-1} \right]^{-1} \quad (39)$$

周辺尤度は、値が大きいほどモデルの当てはまりが良いと判定することができる。差については、ベイズファクターが基準を示している。

### 6.2 ベイズファクター

ベイズファクターは、2つのモデルの周辺尤度から計算される。帰無モデ

ル  $M_0$  と提案モデル  $M_1$  について、それぞれの周辺尤度  $(D|M_0)$  および  $(D|M_1)$  とおいたとき、ベイズファクターは以下ようになる。

$$B_{10} = \frac{(D|M_0)}{(D|M_1)} \quad (40)$$

ベイズファクター  $B_{10}$  の判断基準は、本文中で述べたように、Jeffereys (1961) および Kass and Raftery (1995) によって示されている。それぞれの基準を表 2 に示している。なお、日本語表現については、Jeffereys (1961) は大森、和合 (2005)、Kass and Raftery (1995) は豊田 (2008) に従っている。

表 1：ベイズファクターの判断基準（上：Jeffereys, 1961；下：Kass and Raftery, 1995）

$\log_{10}(B_{10})$	$B_{10}$	$\log_e(B_{10})$	$H_0$ を棄却する論拠
0 ~ 1/2	1 ~ 3.2	0 ~ 1.16	証拠があまりあるとはいえない
1/2 ~ 1	3.2 ~ 10	1.16 ~ 2.30	証拠が十分になる
1 ~ 2	10 ~ 100	2.30 ~ 4.61	証拠が強い
> 2	> 100	> 4.61	証拠が決定的である
$2 \log_e(B_{10})$	$B_{10}$	$\log_e(B_{10})$	$H_0$ を棄却する論拠
0 ~ 2	1 ~ 3	0 ~ 1	かろうじて優れている
2 ~ 6	3 ~ 20	1 ~ 3	優れている
6 ~ 10	20 ~ 50	3 ~ 5	かなり優れている
> 10	> 150	> 5	非常に優れている

これによれば、帰無モデル  $M_0$  と提案モデル  $M_1$  の差について、Jeffereys (1961) ならば、ベイズファクターが100より大きければ（対数 BF が4.61より大きければ）、帰無モデルを棄却する「証拠が決定的である」としている。また、Kass and Raftery (1995) によれば、ベイズファクターが150より大きければ（対数 BF が5よりも大きければ）、帰無モデルに対して提案モデルが「非常に優れている」としている。

### 6.3 DIC (Deviance Information Criterion)

本研究で説明したモデルの比較には、周辺尤度、ベイズファクターのほかにも、DIC を用いることもできる。ここでは、Gelman *et al.* (2004) に従い、DIC の算出方法を説明する。

DIC は以下の式から算出することができる。

$$DIC = 2\hat{D}_{avg} - D^{\cdot} \quad (41)$$

ただし、DIC を構成する  $\hat{D}_{avg}$  および  $D^{\cdot}$  は、次の式から得ることができる。 $H$  はサンプル数である。

$$\hat{D}_{avg} = \frac{1}{H} \sum_{h=1}^H D(\theta^{(h)}) \quad (42)$$

$$D^{\cdot} = D(\hat{\theta}) \quad (43)$$

ここで、 $D(\hat{\theta})$  は deviance と呼ばれるもので、対数尤度関数に  $-2$  を掛けた値である。次の式から定義される。

$$D(\hat{\theta}) = -2 \log (D|\hat{\theta}) \quad (44)$$

すなわち、 $\hat{D}_{avg}$  は「 $-2 \times$  対数尤度をサンプルごとに計算した値の平均値」であり、 $D^{\cdot}$  は「パラメータの事後平均値で評価した  $-2 \times$  対数尤度」である。

## 7. まとめ

本稿では、考慮集合に注目し、競争市場構造分析のためのモデルを 3 つ提示し、それぞれのモデルについて詳細な推定方法を説明した。第 1 は、考慮集合からセグメントを特定するための拡張因子分析モデルであり、離散的な目的変数を取り、因子得点の事前分布に階層を仮定した。第 2 は「同時決定的」な競争コンテキスト効果を推定するモデルである。考慮集合に含まれて

いる他のブランドが与える影響を組み込んだモデルを提示した。第3は、「逐次決定的」な競争コンテキスト効果を推定するモデルである。刺激付き選好と刺激なし選好の2つの選好を測定し、その差である逐次的競争コンテキスト効果を目的変数にとり、その要因を説明するモデルを提示した。

いずれも競争市場構造分析の系譜に位置づけられる分析手法であるが、考慮集合をはじめとして、他の代替案が与える影響という視点を再検討することで、ブランド間の競争状態に潜むコンテキスト効果という新しい示唆を得ることが期待できるモデルとなっている。また、すべてのモデルについてMCMC法による推定方法を提示しているため、こうしたMCMC法によってパラメータを推定するモデルのモデル比較を行うための指標も補足して説明した。

本稿では、モデルの提示と推定に関する詳細な手続きについて解説をしているが、これらのモデルを適用させた実証分析の結果は示していない。具体的な実証分析の結果とその考察については、別稿にて示していく次第である。

## 謝辞

本研究は、公益財団法人吉田秀雄記念事業財団より研究助成を受けた成果の一部である。

## 参 考 文 献

- Albert, J. H., and S. Chib (1993), "Bayesian Analysis of Binary and Polychotomous Response Data," *Journal of the American Statistical Association*, 88, 669-679.
- Ansari, A. and K. Jedidi (2000), "Bayesian Factor Analysis for Multilevel Binary Observations," *Psychometrika*, 65, 475-496.
- Anzoff, H. E. (1965), *Corporate Strategy*, McGraw-Hill, New York.
- Baker, W., J. W. Hutchinson, D. Moore, and P. Nedungadi (1984), "Brand Familiarity and Advertising: Effects on the Evoked Set and Brand Preference," *Advances in Consumer Research*, 11, 637-642.

- Belonax, Jr., J. J. and R. G. Javalgi (1989) , " The Influence of Involvement and Product Class Quality on Consumer Choice Set, " *Journal of Academy of Marketing Science* ,17(3) , 209-216 .
- Bettman, J. R. (1979) , *An Information Processing Theory of Consumer Behavior*, MA: Addison Wesley.
- Brisoux, J. E. and E. Cheron (1990) " Brand Categorization and Product Involvement, " *Advances in Consumer Research* , 17 , 101-109 .
- Brisoux, J. E. and M. Laroche (1980) , " A Proposed Consumer Strategy of Simplification for Categorizing Brands, " in *Evolving Marketing Thought for 1980* , J. D. Summery and R. D. Taylor (eds) , Southern Marketing Association , 112-114.
- Chakravarti, A. and C. Janiszewski (2003) , " The Influence of Macro-Level Motives on Consideration Set Composition in Novel Purchase Situations, " *Journal of Consumer Research* , 30(2) , 244-258 .
- Chen, M. H., Q. M. Shao, and J. G. Ibrahim (2000) , *Monte Carlo Methods in Bayesian Computation*, New York: Springer.
- Chintagunta, P. K. (1992) , " Estimating a Multinomial Probit Model of Brand Choice Using the Method of Simulated Moments, " *Marketing Science* , 11(4) , 386-407.
- Chintagunta, P. K. (1994) , " Heterogeneous Logit Model Implications for Brand Positioning, " *Journal of Marketing Research* , 31 (May) , 304-311.
- Cooper, L. G. (1988) , " Competitive Maps: The Structure Underlying Asymmetric Cross Elasticities, " *Marketing Science* , 34(6) , 707-723.
- Cooper, L. G. and A. Inoue (1996) , " Building Market Structures from Consumer Preferences, " *Journal of Marketing Research* , 33 (August) , 293-306.
- Dawid, A. P. (1981) , " Some Matrix Variate Distribution Theory: Notational Considerations and a Bayesian Application, " *Biometrika* , 68 , 265-274.
- Deraportas, P., J. J. Forster, and I. Ntzoufras (2002) , " On Bayesian Model and Variable Selection using MCMC, " *Statistics and Computing* , 12 , 27-36.
- DeSarbo, W. S. and A. K. Manrai (1992) , " A New Multidimensional Scaling Methodology for the Analysis of Asymmetric Proximity Data in Marketing Research, " *Marketing Science* , 11(1) , 1-20.
- DeSarbo, W. S. and D. L. Hoffman (1987) , " Constructing MDS Joint Spaces from Binary Choice Data: A Multidimensional Unfolding Threshold Model for Marketing

- Research, " *Journal of Marketing Research* , 24 (February) , 40-54.
- DeSarbo, W. S., D. R. Lehmann, G. Carpenter, and I. Sinha (1996) , " A Stochastic Multidimensional Unfolding Approach for Representing Phased Decision Outcomes, " *Psychometrika* , 61 , 485-508.
- DeSarbo, W. S. and V. R. Rao (1986) , " A Constrained Unfolding Methodology for Product Positioning, " *Marketing Science* , 5 (1) , 1-19.
- Elrod, T . (1988) , " Choice Map: Inferring a Product-Market Map from Panel Data, " *Marketing Science* , 7(1) , 21-40.
- Elrod, T. and M. P. Keane (1995) , " A Factor-Analytic Probit Model for Representating the Market Structure in Panel Data, " *Journal of Marketing Research* , 32 (February) , 1-16.
- Fraser, C. and J. W. Bradford (1983) , " Competitive Market Structure Analysis: Principal Partitioning of Revealed Substitutabilities, " *Journal of Consumer Research* , 10 (June) , 15-30.
- Gamerman, D. (1997) , *Markov Chain Monte Carlo: Stochastic Simulation for Bayesian Inference*, London: Chapman and Hall/CRC.
- Gelman, A., J. B. Carlin, H. S. Stern, and D. B. Rubin (2004) , *Bayesian Data Analysis, Second Edition*, London: Chapman and Hall/CRC.
- Geweke, J. (1991) , " Efficient Simulation from the Multivariate Normal and Student-t Distributions Subject to Linear Constraints and the Evaluation of Constraint Probabilities, " in *Proceedings of 23rd Symposium on the Interface between Computing Science and Statistics*, E. Kermamidas (ed.) , 571-578.
- Geweke, J. F. and G. Zhou (1996) , " Measuring the Pricing Error of the Arbitrage Pricing Theory, " *The Review of Financial Studies* , 9(2) , 557-587.
- Green, P. J. (1995) , " Reversible Jump Markov Chain Monte Carlo Computation and Bayesian Model Determination, " *Biometrika* , 82(4) , 711-732.
- Guttman, L. (1954) , " Some Necessary Conditions for Common Factor Analysis, " *Psychometrika* , 19 , 194-162.
- 堀啓造 (2005) , 「因子分析における因子数決定法：並行分析を中心にして」, 『香川大学経済論叢』, 77(4) , 35-70.
- Harshman, R. A., P. E. Green, Y. Wind, and M. E. Lundy (1982) , " A Model for the Analysis of Asymmetric Data in Marketing Research, " *Marketing Science* , 1(2) , 205-242.

- Hauser, J. R. and B. Wernerfelt (1990) , " An Evaluation Cost Model of Consideration Sets, " *Journal of Consumer Research* , 17 , 74-81.
- Hauser, J. R. and S. M. Shugan (1983) , " Defensive Marketing Strategies, " *Marketing Science* , 2(4) , 319-360.
- Howard J. A. (1963) , *Consumer Behavior: Application of Theory*, New York: McGraw-Hill Book Company.
- 井上哲浩 (1996a) , 「競争市場構造, 消費者選好構造, マーケティング・ミックス効果を統合した離散選択モデル」, 『商学論究』, 43 , 135-161.
- 井上哲浩 (1996b) , 「消費者行動研究と競争市場構造分析研究のリンケージおよび消費者行動研究の今後の展開への期待」, 『消費者行動研究』, 4(1) , 41-60,
- Jeffreys, H. (1961) , *Theory of Probability* , 3rd Edition, Oxford: Clarendon Press.
- Johnson, M. D. and D. R. Lehmann (1997) , " Consumer Experience and Consideration Sets for Brand and Product Category, " *Advances in Consumer Research* , 24 , 295-300.
- Kaiser, H. F. (1960) . " The Application of Electronic Computers to Factor Analysis, " *Educational and Psychological Measurement* , 20 , 141-151.
- Kamakura, W. A. and G. J. Russel (1989) , " A Probabilistic Choice Model for Market Segmentation and Elasticity Structure, " *Journal of Marketing Research* , 26 (November) , 379-390.
- Kannan, P. K. and G. P. Wright (1991) , " Modeling and Testing Structured Markets: A Nested Logit Approach, " *Marketing Science* , 10(1) , 58-82.
- Kass, R. E. and A. E. Raftery , (1995) , " Bayes Factors, " *Journal of the American Statistical Association* , 90 , 773-795.
- Katahira, H. (1990) , " Perceptual Mapping Using Ordered Logit Analysis, " *Marketing Science* , 9(1) , 1-17.
- Lopes, H. F. and M. West(2004) , " Bayesian Model Assessment in Factor Analysis, " *Statistica Sinica* , 14 , 41-67.
- 中西正雄 (1990) , 「競合マップの一般化」, 『商学論究』, 38(2) , 89-109.
- 中西正雄 (1998) , 「消費者選択行動のニュー・ディレクションズ」, 中西正雄編著, 『消費者選択行動のニュー・ディレクションズ』, 関西学院大学出版会 , 3-29.
- Narayana, C. L. and R. J. Markin (1975) , " Consumer Behavior and Product Performance: An Alternative Conceptualization, " *Journal of Marketing* , 39 (October) , 1-6.
- Newton, M. A. and A. E. Raftery (1994) , " Approximate Bayesian Inference with the



- Weighted Likelihood Bootstrap, " *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)* , 56(1) , 3-48.
- 新倉貴士 (1998) , 「選択状況におけるカテゴリー化：消費者の選択行動におけるカテゴリー化概念」, 『マーケティング・ジャーナル』, 71 , 27-37.
- Novak, T. P . (1993) , " Log-Linear Trees: Models of Market Structure in Brand Switching Data, " *Journal of Marketing Research* , 30 (August) , 267-287.
- 大森裕浩, 和合肇 (2005) , 「マルコフ連鎖モンテカルロ法とその応用」, 和合肇編著, 『ベイズ計量経済分析』, 東洋経済新報社, 第2章, pp. 39-100.
- 小川孔輔 (1990) , 「スイッチング・マップ：消費者パネル・データを用いたブランド診断システム」, 『法政大学産業情報センター・ワーキング・ペーパー』, 1.
- Ramaswary V. and W. S. DeSarbo (1990) , " SCULPRE: A New Methodology for Deriving and Analyzing Hierarchical Product-Market Structure from Panel Data, " *Journal of Marketing Research* , 27 (November) , 418-427.
- Rao, V. R. and D. J. Sabavala (1981) , " Inference of Hierarchical Choice Processes from Panel Data, " *Journal of Consumer Research* , 8 (June) , 85-96.
- Ratneshwar, S., C. Pechmann, and A. D. Shocker (1996) , " Goal-Derived Categories and the Antecedents of Across-Category Consideration, " *Journal of Consumer Research* , 23 (December) , 240-250.
- Rossi, P. E., G. Allenby, and R. McCulloch (2005) , *Bayesian Statistics and Marketing*, New York: Wiley.
- Rowe, D. B. (2002) , *Multivariate Bayesian Statistics*, London: Chapman and Hall/CRC.
- Shapiro, S. (1999) , " When an Ad's Influence is Beyond Our Conscious Control: Perceptual and Conceptual Fluency Effects Caused by Incidental Ad Exposure, " *Journal of Consumer Research* , 26 (June) , 16-36.
- Shapiro, S., D. J. Macinnis, and S. E. Heckler (1997) , " The Effects of Incidental Ad Exposure on the Formation of Consideration Sets, " *Journal of Consumer Research* , 24 (June) , 94-104.
- Shocker, A. D., M. Ben-Akiva, B. Boccara, and P. Nedungadi (1991) , " Consideration Set Influences on Consumer Decision-Making and Choice: Issues, Models, and Suggestions, " *Marketing Letters* , 2:3 , 181-197.
- Shugan, S. M. (1987) , " Estimating Brand Positioning Maps Using Supermarket Scanning Data, " *Journal of Marketing Research* , 24 (February) , 1-18.

照井伸彦 (2008) , 『ベイズモデリングによるマーケティング分析』東京電機大学出版局 .

豊田秀樹 (2008) , 『マルコフ連鎖モンテカルロ法』朝倉書店 .

Wright, P. and F. Barbour (1977) , " Phased Decision Strategies: Sequels to Initial Screening , " in *Multiple Criteria Decision Making: North Holland TIMS Studies in the Management Science*, eds. M. Starr and M. Zeleny, Amsterdam: North-Holland Publishing Company , 91-109.